

## Modelos para pronosticar los nacimientos en sistemas vacunos lecheros en Cuba

Roberto Vázquez Montes de Oca, y José Alberto Bertot Valdés

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Camagüey

[roberto.vazquez@reduc.edu.cu](mailto:roberto.vazquez@reduc.edu.cu)

[jose.bertot@reduc.edu.cu](mailto:jose.bertot@reduc.edu.cu)

### RESUMEN

Para obtener modelos de pronóstico de los nacimientos que permitan la adopción de decisiones en el control de la reproducción en sistemas vacunos lecheros, a partir de la información de reproducción de los archivos de la subdelegación de ganadería del Ministerio de la Agricultura en Camagüey correspondiente a las empresas de la cuenca lechera Camagüey-Jimaguayú, se utilizaron las variables (categorías reproductivas, hembras detectadas en estro) con retardos en relación con los nacimientos en un análisis de regresión múltiple paso a paso. Se obtuvieron tres modelos utilizando las variables con nueve, diez y doce meses de retardo. Para la validación se aplicó el modelo: Nacimientos =  $0,669 \times \text{Total de hembras detectadas en estro (9)} + 0,278 \times \text{Recentinas (12)}$  con un  $R^2 = 83,7$ , a datos de tres empresas pecuarias de la provincia de Ciego de Ávila (2003-2005). Se observó una similitud en el promedio mensual, total e individual de los errores de estimación o predicción estandarizados. La mayor proporción del valor de los errores se clasificó como bueno (pequeños), que permiten confirmar el buen ajuste o generalización del modelo a los casos nuevos. Los resultados confirman que los modelos obtenidos pudieran constituir una valiosa herramienta para la planificación de las campañas de reproducción y la elaboración de los planes de producción de leche.

**Palabras clave:** *modelos, regresión, reproducción, retardos, validación cruzada*

## Models for forecasting births in dairy cattle systems in Cuba

### ABSTRACT

In order to obtain models for birthing forecasting that permit the adoption of decisions in the control of reproduction in dairy cattle systems, based on the information playback files livestock sub-delegation of the Ministry of Agriculture in Camagüey for the dairy companies Camagüey-Jimaguayú, the variables (reproductive categories, females detected in oestrus) with lags in relation to birth were used in a multiple regression analysis step by step. Three models were obtained using lagged variables with nine, ten and twelve months of delay. The data from three livestock enterprises in the province of Ciego de Avila (2003-2005) were used to validate the model: Birth =  $0669 \times \text{Total of females detected in oestrus (9)} + 0.278 \times \text{post partum cows (12)}$  with an  $R^2 = 83.7$ . There was a similarity in the monthly average, total and individual prediction estimation or standardized errors. The major proportion of the errors value of was classified as good (small), which can confirm the fitting or generalization of the model to new cases. The results confirm that the achieved models could be a valuable tool for planning campaigns and developing breeding schemes for milk production.

**Key words:** *cross validation, models, organization, regression, reproduction, lags*

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información de manejo del rebaño pueden potencialmente mejorar la actividad organizacional y analítica de un productor (Lazarus *et al.*, 1990), por tanto un rebaño sería más productivo que cualquier otro con los mismos recursos físicos. Se han comprobado las ventajas de la adopción de tales sistemas (Ekesbo *et al.*, 1994) y aunque se requiere de importantes recursos para su implementación se han reportado beneficios económicos y productivos cuando se aplican a la producción de leche (Hayes *et al.*, 1998; de Mol, 2000).

Bertot *et al.* (2009) obtuvieron correlaciones significativas en varios retardos para todas las combinaciones de variables utilizadas para la organización y el control de la reproducción (categorías reproductivas, hembras detectadas en estro y nacimientos), y recomendaron su empleo en la práctica para realizar pronósticos. Considerando su posible utilidad para la adopción de decisiones de manejo, el objetivo del trabajo fue demostrar la posibilidad de obtener modelos para realizar pronósticos de los nacimientos que permitan la adopción de decisiones en el control de la reproducción en sistemas vacunos lecheros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron todos los boletines mensuales de reproducción de los archivos de la subdelegación de ganadería del Ministerio de la Agricultura en la provincia de Camagüey, correspondientes a las empresas de la cuenca lechera Camagüey-Jimaguayú para conformar una base de datos con las variables año (desde 1982 hasta 2005), mes (enero a diciembre), hembras inseminadas pendientes a diagnóstico de gestación, total de hembras recentinas, total de hembras vacías, incorporaciones a la reproducción, desechos de la reproducción (bajas), total de hembras detectadas en el primer estro, total de hembras detectadas en estros, total de hembras que resultaron gestantes en el diagnóstico, total de hembras no gestantes en el diagnóstico y total de nacimientos.

A partir de las correlaciones cruzadas de las combinaciones entre todas las series en estudio fueron obtenidas nuevas variables con retardos en relación con los nacimientos. Para el pronóstico de los nacimientos se realizaron análisis de regresión múltiple paso a paso en los que se incluyeron como predictoras a las variables en el retardo en que se alcanzó el mayor coeficiente de correlación con los nacimientos.

Aunque en todos los modelos se alcanzaron  $R^2$  altos, coeficientes significativos, errores estándares de los coeficientes aceptables e intervalos de confianza de los coeficientes válidos; se utilizó una base de datos con casos nuevos correspondientes a tres empresas pecuarias lecheras de la provincia Ciego de Ávila (2003-2005) para realizar una validación externa.

La validación de modelos se realiza de forma habitual mediante análisis de los residuales (residuos PRESS y residuos Studentizados) y estadística Cp entre otros métodos, a los cuales se puede acceder en cualquier texto clásico de estadística multivariada (Hair *et al.*, 1999) o también en cualquier paquete estadístico profesional. En este caso, para evitar el empleo de métodos de validación más complejos, se utilizó el promedio total y mensual de los errores de estimación o predicción absolutos estandarizados. Se compararon los errores de estimación absolutos estandarizados obtenidos en la base de datos utilizada para la estimación del modelo (Camagüey 1982-2005) con los alcanzados por validación cruzada en los casos nuevos (Ciego de Ávila 2003-2005).

**Tabla 1. Valores obtenidos para el error de estimación absoluto medio estandarizado**

Índice	Camagüey	Ciego de Ávila*
Error absoluto medio estandarizado	0.75	0.58
<b>*validación con nuevos casos</b>		

Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados con el paquete SPSS versión 15.0 (2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación de los errores de estimación absolutos estandarizados obtenidos en ambas bases de datos se refleja en la Tabla 1.

La mayor proporción del valor de los errores se clasificó como bueno (pequeños), que permiten confirmar el buen ajuste o generalización del modelo a los casos nuevos (Tabla 2)

**Tabla 2. Por ciento de casos según escala de valores para el error de estimación absoluto medio estandarizado**

Valores	Interpretación	Camagüey	Ciego de Ávila*
< 2	Bueno	95,2 %	88,9 %
2-3	Aceptable	3,3 %	8,1 %
3-4	Alerta	1,1 %	0
> 4	Inaceptable	0,04 %	3 %
<b>*validación con nuevos casos</b>			

Las variables predictoras con retardos de nueve, diez y doce meses representan la relación en el tiempo de las distintas etapas anteriores a los nacimientos por las que transitaron las hembras y constituyen la base de los tres modelos obtenidos (Tabla 3).

El modelo 1, aunque con el mayor  $R^2$ , presenta el inconveniente de la inclusión de las incorporaciones a la reproducción con nueve meses de retardo que sólo ofrece tres meses de antelación para el pronóstico, no obstante, si se aplica una estrategia adecuada teniendo en cuenta las recomendaciones derivadas de investigaciones realizadas en Cuba (Pérez *et al.*, 2001; Corvisón, 2001; Faure y Morales, 2003), será posible disponer de novillas listas para incorporar a la reproducción en el momento más adecuado.

**Tabla 3. Descripción de los modelos obtenidos para el pronóstico de los nacimientos**

Modelos	Variables predictoras*	Beta	t	Significación	R <sup>2</sup> (ajustado)
1	Recentinas (12)	0,249	4,26	0,000	97,0
	Total de hembras detectadas en estro (10)	0,432	8,56	0,000	
	Incorporaciones (9)	0,147	5,13	0,000	
	Bajas (12)	0,180	5,68	0,000	
2	Recentinas (12)	0,288	5,35	0,000	80,8
	Total de hembras detectadas en estro (10)	0,522	10,63	0,000	
	Bajas (12)	0,198	5,95	0,000	
3	Total de hembras detectadas en estro (9)	0,669	14,60	0,000	83,7
	Recentinas (12)	0,278	6,06	0,000	

\*Entre paréntesis el retardo en meses en relación con la variable dependiente

Las hembras desechadas de la reproducción un año atrás (bajas 12) fueron incluidas en el modelo, lo que indica la necesidad de reducir los desechos, pues una tasa de desechos mayor del 25 % provoca un déficit en reemplazos para mantener estable el tamaño del rebaño (O'Connor, 1992; Tozer y Heinrichs, 2001).

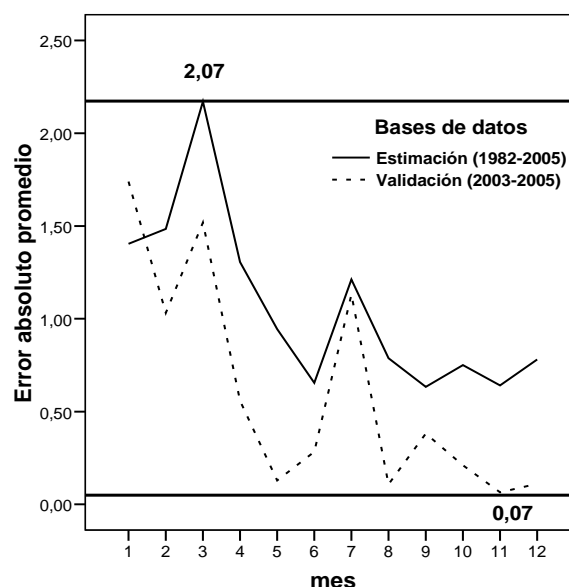
El modelo 3, es el más sencillo pero incluyó al total de hembras detectadas en estro con retardo de nueve meses que lo sitúa en ligera desventaja en relación con el modelo 2 que incluyó a esa variable con diez meses de retardo, ya que ofrece un mes más para el pronóstico y para adoptar cualquier decisión práctica de manejo de los recursos.

La inclusión de las hembras recentinas con doce meses de retardo en relación con los nacimientos en todos los modelos indica la importancia de acortar la reanudación de la actividad cíclica estral post parto que tiene una clara dependencia de la condición corporal (Meikle *et al.*, 2004; Friggens, 2004), del amamantamiento (Galina *et al.*, 2001; Montiel y Ahuja, 2005) y de la nutrición después del parto (Robinson *et al.*, 2006).

El mayor coeficiente obtenido por el total de hembras detectadas en estro en los retardos nueve y diez en todos los modelos, brinda la posibilidad de mejorar el comportamiento reproductivo elevando la eficiencia en la detección del estro que, de acuerdo con Meadows *et al.* (2006), debe estar en función de la rutina de manejo del rebaño.

El comportamiento similar del promedio de los errores de estimación medios mensuales absolutos estandarizados, en las bases de datos utilizadas para la estimación y validación con los casos nuevos (Figura 1) permite recomendar la generalización de estos modelos en el país.

Los resultados obtenidos reafirman que las hembras recentinas constituyen una fuente importante

**Fig. 1. Comportamiento del error absoluto medio mensual estandarizado**

del rebaño para la detección de hembras en estro, evento fisiológico que, en las condiciones de Camagüey, está demorado en relación estrecha con la condición corporal (Bertot *et al.*, 2000) y evidencian la estrecha relación que existe entre la presencia de hembras vacías con la baja eficiencia en la detección del estro (Betancourt *et al.*, 2005; Bertot *et al.*, 2008) lo cual constituye un problema bien conocido en los rebaños lecheros en las condiciones de las provincias estudiadas. Para reducir la duración del anestro post parto y elevar la eficiencia en la detección del estro se requiere el diseño y aplicación de estrategias desde el punto de vista nutricional, ambiental y de manejo.

Los modelos obtenidos brindan la posibilidad de adoptar medidas con la anticipación suficiente para mejorar los resultados; por ejemplo, para el éxito de las técnicas de inducción y sincronización del estro, es necesario reducir los desórdenes post parto antes del inicio y en el momento de la aplicación de los tratamientos (Jordan *et al.*, 2002) pues la respuesta a cualquiera de ellos parece ser dependiente de los factores que influyen en la profundidad del anestro (Rhodes *et al.*, 2003), en este sentido debe considerarse que la estrategia de manejo más predictora para la reducción del intervalo entre partos en sistemas basados en pastos es mejorar la condición corporal durante el período pre-parto (Rhodes *et al.*, 2003) que es un componente crítico del manejo nutricional de las vacas (Roche, 2006).

En Cuba Pedroso *et al.* (2005) demostraron que las técnicas de inducción y sincronización del estro contribuyen a mejorar la eficiencia de los servicios de IA, reducir el período de anestro post parto, mejorar la eficiencia técnica de la IA y establecer en el 40 % de las vacas la ocurrencia de partos en el período más apropiado del año, resultados en general que con la aplicación de los modelos podrían mejorar.

## CONCLUSIONES

Los resultados expuestos confirman la importancia de mantener una adecuada distribución de hembras en las diferentes categorías reproductivas planteada por Holý (1987), confirmada en rebaños de Camagüey por Bertot *et al.* (2006) y de la Torre *et al.* (2006), y pudieran constituir una valiosa herramienta para la planificación de las campañas de reproducción y la elaboración de los planes de producción de leche, por lo que se debe continuar trabajando en la obtención, perfeccionamiento y validación de modelos para el pronóstico de las variables de mayor peso en el proceso de reproducción.

## REFERENCIAS

- BERTOT, J. A., VÁZQUEZ, A., VÁZQUEZ, R. Y AVILÉS, R. (2000). Relación entre los cambios de la condición corporal y la fertilidad post parto en vacas mestizas Holstein x Cebú. *Rev. Prod. Anim.*, (12), 102-106.
- BERTOT J. A., SANTIESTEBAN, DAYAMI, R. VÁZQUEZ, R., LOYOLA, C., MAGALY GARAY, M., DE ARMAS, R., AVILÉS, R. Y HONRACH, M. (2008). Nota Técnica: Estimación de estros potencialmente perdidos en rebaños lecheros en empresas pecuarias de la provincia de Camagüey. *Rev. prod. anim.*, 20 (2):
- BERTOT, J. A.; VÁZQUEZ, R., AVILÉS, R., DE ARMAS, R., GARAY, M., C. LOYOLA, C. Y HONRACH, M. (2009). Relaciones de dependencia temporal entre las variables de organización y control de la reproducción en sistemas lecheros. *Rev.prod.anim.*, 21, (1), 89-93.
- BETANCOURT, J. A., BERTOT, J. A., VÁZQUEZ, R., ACOSTA, A. Y AVILÉS, R. (2005). Evaluación de la fertilidad postparto en rebaños bovinos lecheros de la provincia de Camagüey. *Rev. Prod. Anim.*, 17 (1), 61-66.
- CORVISÓN, R. (2001). *Tecnología integral que evalúa el efecto de la reproducción a mediano y largo plazo en la producción de leche anual y de por vida de la vaca*. VII Congreso Panamericano de la Leche, La Habana, Cuba.
- DE MOL, R. M. (2000). *Automated Detection of Estrus and Mastitis in Dairy Cows*. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- EKESBO, I., OLTENACU, P. A., VILSON, B., Y NILSSON, J. (1994). A Disease Monitoring System for Dairy Herds. *Vet. Rec.*, (134), 270-273.
- FAURE, R., Y MORALES, C. (2003). La pubertad de la hembra bovina: 1 Aspectos fisiológico. *Rev Salud Anim.*, 25 (1), 13-19.
- FRIGGENS, N. C. (2004). Priming the Dairy Cow for Lactation: A Review of Dry Cow Feeding Strategies. *Anim Res.*, (53), 453-473.
- GALINA, C. S., RUBIO, I., BASURTO, H. Y ORIHUELA, A. (2001). Consequences of Different Suckling Systems for Reproductive Activity and Productivity of Cattle in Tropical Conditions. *Applied Anim Behaviour Sci.*, (72), 255-262.
- HAIR, J. F., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L. Y BLACK, W. C. (1999). *Análisis Multivariante* (5a ed.), Madrid: Prentice-Hall Iberia.
- HAYES, D. P., PFEIFFER, D. U. Y MORRIS, R. S. (1998). Production and Reproductive Responses to Use of DairyMAN: A Management Information System for New Zealand Dairy Herds. *J. Dairy Sci.*, 81 (9), 2362-2368.
- JORDAN, E. R. M. J. S., J. W. QUAST, BELSCHNER, A. P. Y TOMASZEWSKI, M. A. (2002). Comparison of Two Timed Artificial Insemination (TAI) Protocols for Management of First Insemination Postpartum. *J. Dairy Sci.*, (85), 1002-1008.

- LAZARUS, W. F., D. H. STREETER, y E. JOFRE-GIRAUDO. (1990). Management Information Systems: Impact on Dairy Farm Profitability. *North Central J. Agric. Econ*, (12), 267-277.
- MEADOWS, C. S. P. J. R.-S., FRAZER, G. S., MEIRING, R. W. y HOBLET, K. H.. (2006). Evaluation of a Contract Breeding Management Program in Selected Ohio Dairy Herds with Event-Time Analysis I. Cox Proportional Hazards Models. *Preventive Veterinary Medicine*, (77), 145-160.
- MEIKLE, A., KULCSAR, M., CHILLIARD, Y., FEBEL, H., DELAUAUD, C., CAVESTANY D. y CHILIBROSTE P. (2004). Effects of Parity and Body Condition at Parturition on Endocrine and Reproductive Parameters of the Cow. *Reproduction*, (127), 727-737.
- MONTIEL, F. y AHUJA, C. (2005). Body Condition and Suckling as Factors Influencing the Duration of Postpartum Anestrus in Cattle: a Review. *Anim Reprod. Sci*, (85), 1-26.
- O'CONNOR, M. L. (1992). Measures and Goals of Reproductive Efficiency. National Dairy Database.1.(1992)\NDB\REPRODUC\TEXT2\R F208100.TXT.COLLECTION;REPRODUCTIO N ORIGIN; Pennsylvania DATE\_INCLUDED; June 1992.
- PEDROSO, R., ROLLER, F; MÓNICA DAVIS, M. & GUTIÉRREZ, M. (2005). *Mejoramiento de la productividad del ganado bovino mediante el uso de la terapéutica hormonal en Cuba*. III Congreso Internacional sobre Mejoramiento Animal, 7-11 de noviembre, Ciudad De La Habana, Cuba.
- PÉREZ, TANIA; SÚAREZ, M. A.; MARRERO, ANAYELIS. & ÉVORA, J. C. (2001). *La longevidad en vacas Siboney de Cuba y su relación con los indicadores de incorporación a la reproducción de las novillas*. XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. II Congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito.
- RHODES, F. M. S. M., BURKE, C. R., VERKERK, G. A. & MACMILLAN, K. L. (2003). Treatment of Cows with an Extended Postpartum Anestrous Interval. *J. Dairy Sci*, (86), 1876-1894.
- ROBINSON, J. J.; ASHWORTH, C. J. ROOKE, J. A. MITCHELL L. M & MCEVOY T. G. (2006). Nutrition and Fertility in Ruminant Livestock. *Animal Feed Science and Technology*, (126), 259-276.
- ROCHE, J. F. (2006). The Effect of Nutritional Management of the Dairy Cow on Reproductive Efficiency. *Anim. Reprod. Sci*, (96), 282-296.
- TOZER, P. R. y HEINRICHS, A. J. (2001). What Affects the Costs of Raising Replacement Dairy Heifers. A Multiple-Component Analysis. *J Dairy Sci*, 84 (8), 1836-1844.

Recibido: 6/7/2009

Aceptado: 5/10/2009